





建筑结构消能减震（振）设计

批准部门 中华人民共和国住房和城乡建设部 批准文号 建质[2009] 8号

主编单位 中国电子工程设计院 统一编号 GJBT-1092
东南大学

实行日期 2009年3月1日 图集号 09SG610-2

主编单位负责人 
主编单位技术负责人 
技术审定人 
设计负责人 

目 录

目录.....	1	黏弹性消能器门架型消能部件.....	28
总说明.....	3	黏弹性消能器隅撑型消能部件.....	29
消能器的产品类型及其主要支撑形式		钢消能器单斜杆型消能部件.....	30
黏滞消能器的产品类型及其主要支撑形式.....	7	软钢消能器双斜杆型消能部件.....	31
黏弹性消能器的产品类型及其主要支撑形式.....	11	软钢消能器门架型消能部件.....	32
金属屈服型消能器的产品类型及其主要支撑形式.....	15	软钢消能器双门架型消能部件.....	33
摩擦消能器的产品类型及其主要支撑形式.....	19	摩擦消能器交叉型消能部件.....	34
消能部件的索引图		摩擦消能器单斜杆型消能部件.....	35
黏滞消能器单斜杆型消能部件.....	22	摩擦消能器双斜杆型消能部件.....	36
黏滞消能器双斜杆型消能部件.....	23	消能部件的连接构造大样	
黏滞消能器人字型消能部件.....	24	黏滞消能器与新建混凝土结构斜向球铰连接.....	37
黏滞消能器门架型消能部件.....	25	黏滞消能器与既有混凝土结构斜向球铰连接.....	38
黏弹性消能器单斜杆型消能部件.....	26	黏滞消能器与钢结构斜向球铰连接.....	39
黏弹性消能器双斜杆型消能部件.....	27	黏滞消能器与新建混凝土结构水平球铰连接.....	40

目 录		图集号	09SG610-2
审核	吴耀辉	吴耀辉	校对
设计	韩玉斌	韩玉斌	页
			1

黏滞消能器与既有混凝土结构水平球铰连接	41	支撑与新建混凝土结构铰接连接2	58
黏滞消能器与钢结构水平球铰连接	42	支撑与既有混凝土结构铰接连接2	59
黏滞消能器人字型节点	43	支撑与钢结构铰接连接2	60
黏滞消能器门架型节点	44	支撑与新建混凝土结构刚性连接	61
黏弹性消能器与新建混凝土结构及支撑连接	45	支撑与既有混凝土结构刚性连接	62
黏弹性消能器与既有混凝土结构及支撑连接	46	支撑与钢结构刚性连接	63
黏弹性消能器与钢结构及支撑连接	47	既有混凝土结构外包钢节点大样	64
防屈曲消能支撑与新建混凝土结构连接	48	内嵌钢框架黏滞消能部件及其连接构造	
防屈曲消能支撑与既有混凝土结构连接	49	内嵌钢框架黏滞消能部件	65
防屈曲消能支撑与钢结构连接	50	内嵌钢框架黏滞消能部件连接构造	66
剪切钢板(加劲)消能器与新建混凝土结构连接	51	速度相关型消能器的位移增效机构	
剪切钢板(加劲)消能器与既有混凝土结构连接	52	速度相关型消能器的位移增效机构	67
剪切钢板(加劲)消能器与钢结构连接	53	算例	
剪切钢板(加劲)消能器与钢支撑连接	54	算例1 单斜杆型黏滞消能部件	69
支撑与新建混凝土结构铰接连接1	55	算例2 人字单侧型黏滞消能部件	73
支撑与既有混凝土结构铰接连接1	56	相关技术资料	
支撑与钢结构铰接连接1	57		

目 录							图集号	09SG610-2	
审核	吴耀辉	编制	苏磊	校对	苏磊	设计	韩玉桥	页	2

总 说 明

1 编制依据

1.1 本图集根据建设部建质函[2006]71号“关于印发《2006年国家标准设计编制工作计划》的通知”进行编制。

1.2 设计依据

《建筑结构荷载规范》(2006年版)	GB 50009-2001
《建筑抗震设计规范》(2008年版)	GB 50011-2001
《抗震设防分类标准》	GB 50233-2008
《钢结构设计规范》	GB 50017-2003
《高层建筑混凝土结构技术规程》	JGJ 3-2002
《高层民用建筑钢结构技术规程》	JGJ 99-98
《建筑工程抗震性态设计通则(试用)》	CECS 160:2004
《建筑抗震加固技术规程》	JGJ 116-98
《混凝土结构加固设计规范》	GB 50367-2006
《钢结构加固规范》	CECS 77:96
《混凝土结构后锚固技术规程》	JGJ 145-2004
《建筑钢结构焊接技术规程》	JGJ 81-2002
《钢结构高强度螺栓连接的设计、施工及验收规范》	JGJ 82-91
《建筑消能阻尼器》	JG/T 209-2007

2 适用范围

本图集集中的消能器(又称阻尼器)是指通过材料黏滞特性(速度相关型)或塑性滞回特性(位移相关型)来消耗能量的元件。消能部件是指消能器及其连接支撑以及与主体结构之间的连接节点总称。

本图集中,速度相关型消能器仅包括黏滞消能器和黏弹性消能器;位移相关型消能器仅包括金属屈服型消能器和摩

擦消能器。

本图集中,消能减震(振)是指通过安装消能器以减小建筑结构的震动或风振响应,其适用范围如下:

- (1)对抗震安全性有较高要求的新建建筑(包括钢结构、混凝土结构及混合结构的多、高层建筑和大跨建筑等)。
- (2)在风荷载作用下不满足位移或舒适度要求的新建建筑及既有建筑。
- (3)需要抗震加固的既有建筑。
- (4)使用功能有特殊要求的建筑。

3 编制目的

结构消能减震(振)技术是一种新型的抗震或抗风结构控制技术,不仅改变了结构抗震(风)设计的传统概念、方法和手段,而且使结构的抗震(风)能力、风荷载下的舒适度、抗震(风)可靠性和灾害防御水平大幅度提高。近年来建筑结构消能减震(振)技术在国内新建建筑及既有建筑物的加固改造中已逐渐推广应用。为了促进该项技术发展和进步,本图集汇集了目前国内比较常用的消能器类型和产品,给出了各种消能器相配套使用的典型支撑形式及消能部件的设计构造详图,供设计人员参考选用。

4 材料选用

4.1 混凝土:对新建建筑的主体结构,其混凝土的强度等级应不低于相关规范的规定。对既有建筑的主体结构,其混凝土强度等级宜不低于C25。

4.2 钢筋:应优先选用HRB400级和HRB335级钢筋,也可采用

总 说 明						图集号	09SG610-2	
审核	张志强	张志强	校对	吴耀辉	设计	韩玉栋	页	3

HPB235级钢筋。

4.3 型钢和钢板

4.3.1 型钢和钢板宜采用Q235B、Q345B、Q390B和Q420B，其质量应分别符合《碳素结构钢》GB/T 700和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591的规定。

4.4 螺栓和锚栓

4.4.1 普通螺栓应符合《六角头螺栓C级》GB/T 5780和《六角头螺栓》GB/T 5782的规定。

4.4.2 高强度螺栓应符合《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228、《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229、

《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231或《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632、《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副 技术条件》GB/T 3633的规定。高强度螺栓的设计预拉力值、摩擦面抗滑移数值按现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017:2003的规定采用。

4.4.3 锚栓的性能等级及质量要求应符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591的规定。

4.5 焊条和焊剂

4.5.1 手工焊接用焊条应符合《碳钢焊条》GB/T 5117或《低合金钢焊条》GB/T 5118的规定。选用的焊条型号应与主体金属力学性能相适应。对直接承受动力荷载或振动荷载且需要验算疲劳的结构，宜采用低氢型焊条。

4.5.2 自动焊接或半自动焊接采用的焊丝和相应的焊剂，应与主体金属力学性能相适应。焊丝应符合现行标准《焊接用钢丝》GB/T 1300的规定。

5 建筑结构消能减震（振）设计的原理

建筑结构消能减震（振）设计是把结构的某些抗侧力构件（支撑、连接件等）设计成消能构件，或在结构的某些部位（层间、节点、连接缝等）设置消能部件，使该建筑在地震或风荷载作用下，随着结构响应的增大，通过消能构件或消能器相对变形或相对速度提供附加阻尼，大量消耗输入主体结构的地震或风振能量，达到预期防震（振）要求。

6 消能减震（振）装置的选择及布置原则

6.1 建筑结构的消能减震（振）设计，应根据建筑抗震设防类别、抗震设防烈度、抗风要求、场地条件、建筑结构方案和建筑使用要求，与采用抗震设计的设计方案进行技术、经济可行性的对比分析后，确定其设计方案。

6.2 消能部件的选用应综合考虑结构类型、周围环境、设防目标、消能部件的力学性能及消能机理、消能部件的价格、施工安装及维修费用等因素。

6.3 对于消能减震（振）结构，消能部件宜根据需要沿主体结构的两个主轴方向分别设置。消能部件宜设置在层间变形或构件相对变形较大位置。其数量和分布应通过综合分析确定，并有利于提高整个结构的消能减震（振）能力和抗扭能力，形成均匀合理的受力体系。消能减震（振）结构不应由于消能部件的设置而产生附加扭转。

7 消能减震（振）主体结构的基本要求

7.1 消能减震（振）主体结构应具备必要的抗震和抗风承载力，良好的变形能力和耗能能力。

7.2 与消能部件相连接的主体结构构件与节点应满足消能器

总 说 明				图集号	09SG610-2
审核	张志强	设计	韩玉栋	页	4

最大输出阻尼力作用下仍处于不屈服状态。

7.3 对于抗震设防的新建建筑，在设置消能部件后，主体结构尚应根据其结构类型分别符合《建筑抗震设计规范》GB 50011-2001（2008年版）的设计要求。

7.4 对于抗震设防的新建建筑和既有建筑，当设置消能部件后其抗震性能明显提高时，主体结构的抗震构造要求可适当降低。

7.5 消能减震（振）结构的层间弹塑性位移角限值宜满足现行有关规范规定的限值。

7.6 与消能部件相连的主体结构构件，应计入消能部件传递的附加内力，并将其传递到基础。

8 消能部件的基本要求

8.1 强度要求：与消能器相连的支撑应保证在消能器最大输出阻尼力作用下处于弹性状态，同时与主体相连的预埋件、节点板等也应处于弹性状态，不得发生滑移、拔出等破坏。

8.2 稳定性要求：消能部件应保证在消能器最大阻尼力作用下不发生平面内、外整体失稳，同时连接支撑和连接节点不得发生局部失稳。

8.3 刚度要求：与消能器相连的支撑应具有足够刚度，以保证减震（振）装置中的变形绝大部分发生在消能器上，消能器支撑的刚度应根据计算确定。

8.4 消能器与连接支撑、主体结构之间的连接节点，应符合钢构件连接、或钢与混凝土构件连接、或钢与钢-混凝土组合构件连接的构造要求，并能承担消能器施加给连接节点的最大作用力。

8.5 消能器的性能及检测标准应满足相应的产品标准及《建

筑抗震设计规范》GB 50011-2001（2008年版）的相关规定。

8.6 消能器的极限位移应不小于罕遇地震或设计风荷载下消能器最大位移的1.2倍；对于速度相关型消能器，消能器的极限速度应不小于罕遇地震或设计风荷载作用下消能器最大速度的1.2倍，且消能器应满足在此极限速度下的强度要求，消能器的极限位移同时还应考虑消能器制造及施工安装偏差。

8.7 消能部件的设计应便于消能器的安装、维护和更换。

8.8 消能部件应具有良好的耐久性和环境适应性。

8.9 为了保证消能器的可靠性能，消能部件中铰接连接的销栓和销栓孔的精度应满足本图集的规定。

8.10 消能部件应采取必要的防火措施。

9 消能减震（振）设计计算方法

9.1 当安装消能器的主体结构基本处于弹性阶段工作时，可采用线性分析方法作简化估算，并根据结构的变形特征和高度等，可分别采用底部剪力法、振型分解反应谱法和时程分析法。

9.2 消能减震（振）结构总刚度应为结构刚度和消能部件有效刚度的总和，消能减震（振）结构的自振周期应根据消能减震（振）结构的总刚度确定。

9.3 消能减震（振）结构的总阻尼比应为结构阻尼比和消能部件附加给结构的有效阻尼比的总和，对于消能减震（振）结构，消能部件附加给结构的有效阻尼比应根据小震和罕遇地震下结构预期位移分别计算。

9.4 对主体结构进入弹塑性阶段的情况，应根据主体结构体系特征采用静力非线性分析方法或非线性时程分析方法，在

总 说 明				图集号	09SG610-2		
审核	张志强	校对	吴耀辉	设计	韩玉株	页	5

非线性分析中，消能减震（振）结构的恢复力模型应包括结构恢复力模型和消能部件的恢复力模型。

9.5 消能部件附加给结构的有效阻尼比和有效刚度，可按《建筑抗震设计规范》第12.3.4条的规定计算。

9.6 建筑结构的消能减震（振）设计尚应符合相关专门标准的规定。

10 消能减震（振）结构的计算流程

计算流程如图10。

11 其它

11.1 本图集中仅示出与消能部件相连的主体结构构件，其余结构构件未示出。

11.2 本图集中连接构件的焊缝尺寸应根据实际工程的具体情况经计算确定。

12 参编单位

南京丹普科技工程有限公司。

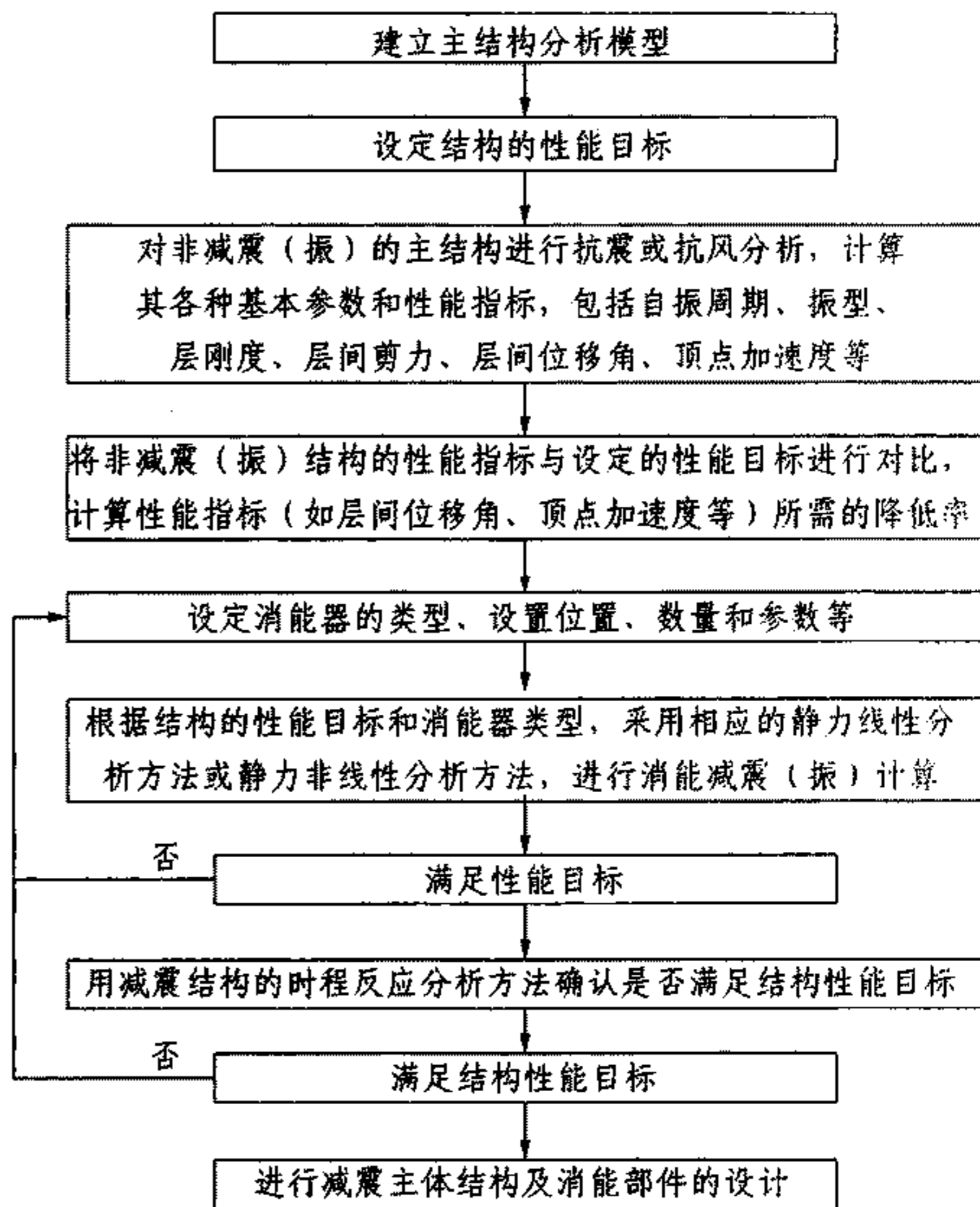


图10 消能减震（振）结构的计算流程

总说明							图集号	09SG610-2
审核	张志强	张志强	校对	吴耀辉	吴耀辉	设计	韩玉栋	韩玉栋
							页	6

黏滞消能器的产品类型及其主要支撑形式

1 黏滞消能器的产品类型

黏滞消能器是以黏滞材料为阻尼介质的速度相关型消能器，可分为杆式黏滞消能器、圆筒式黏滞消能器和黏滞阻尼墙。杆式黏滞消能器是利用活塞运动使黏滞材料流过阻尼孔而产生的阻尼力来耗能；圆筒式黏滞消能器和黏滞阻尼墙是利用圆筒或钢板的错动使得内部黏滞材料发生剪切变形而产生的阻尼力来耗能。

目前国内常用的类型是杆式黏滞消能器，且已颁布该产品的产品标准《建筑消能阻尼器》JG/T 209-2007，本图集主要介绍杆式黏滞消能器。

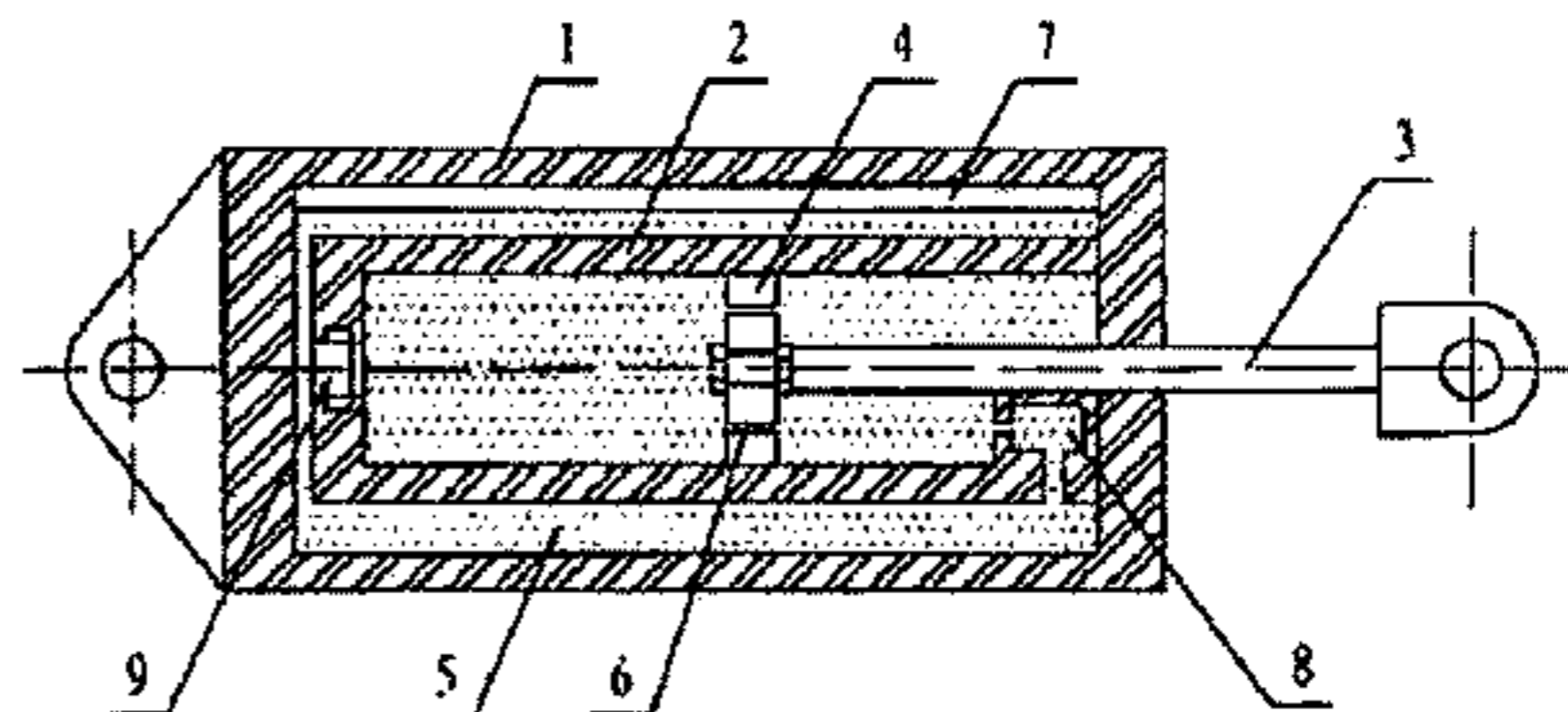
2 杆式黏滞消能器的构造示意及表示方法

2.1 杆式黏滞消能器的构造示意

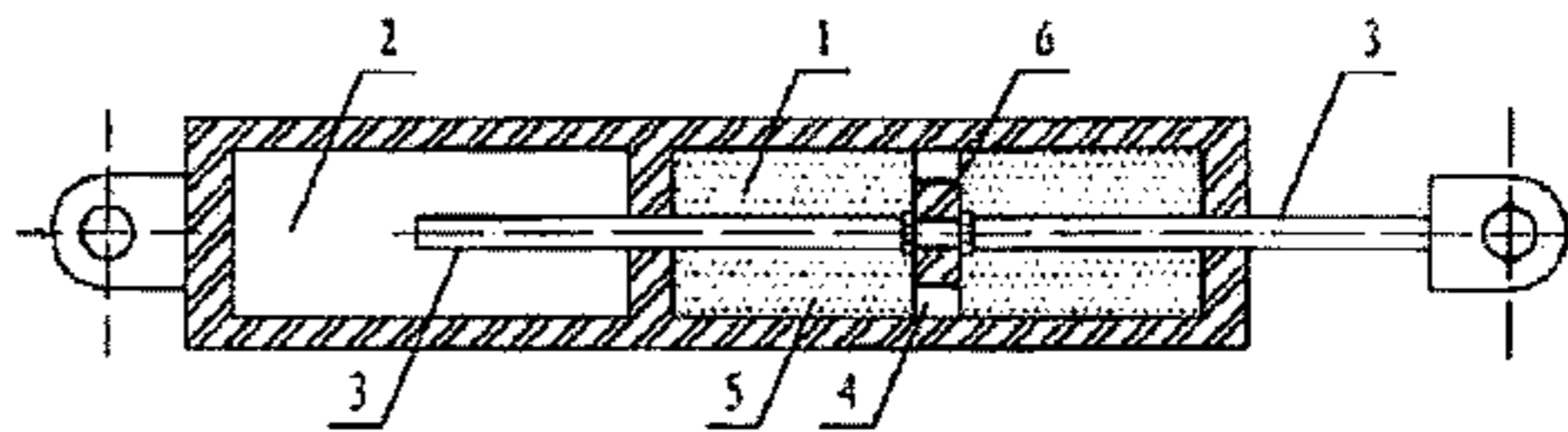
图2.1是单出杆和双出杆黏滞消能器的构造示意。单出杆型与双出杆型的阻尼特性相同，但由于单出杆型的活塞杆在活塞内运动时阻尼材料（通常为硅油）的容积发生变化故需要储油箱；而双出杆型的活塞杆在活塞内运动时容积不发生变化故不需要储油箱，单出杆型的构造特点是油缸复杂，截面较大，总长度较小；双出杆型的构造特点是油缸简单，截面较小，但总长度较大。目前国内应用较多的是双出杆型黏滞消能器。

2.2 黏滞消能器的表示方法

黏滞消能器常用截面形状为圆形，消能器符号由名称代号、主参数代号组成。主参数代号：消能器缸径（外径）×消能器长度×最大输出阻尼力×极限位移。消能器缸径（外径）长度、消能器长度、设计容许位移均以mm计，最大输出阻尼力以kN计。



1-外缸 2-内缸 3-导杆 4-活塞 5-阻尼材料
6-阻尼孔 7-储油箱 8-拉伸压缩调压阀 9-底部检验阀
(a) 单出杆型

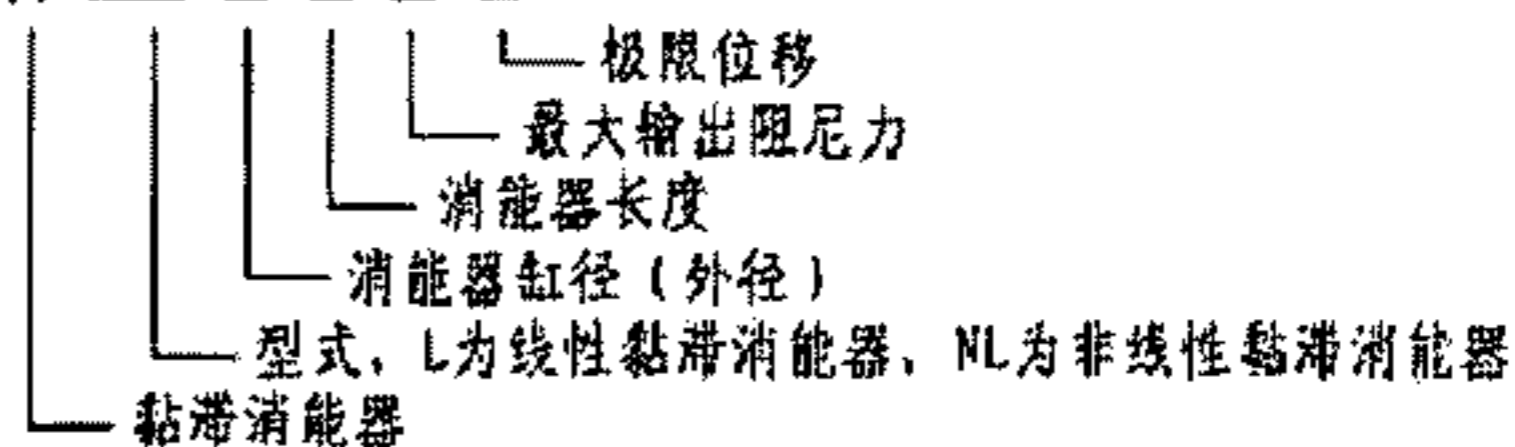


1-主缸 2-副缸 3-导杆 4-活塞 5-阻尼材料 6-阻尼孔
(b) 双出杆型

图1 杆式黏滞消能器示意图

黏滞消能器的表示方法如下：

VFD-□×□×□×□



黏滞消能器的产品类型及其主要支撑形式				图集号	09SG610-2
审核	吴耀辉	冼耀峰	校对	吕坚	设计
					韩玉栋
				页	7

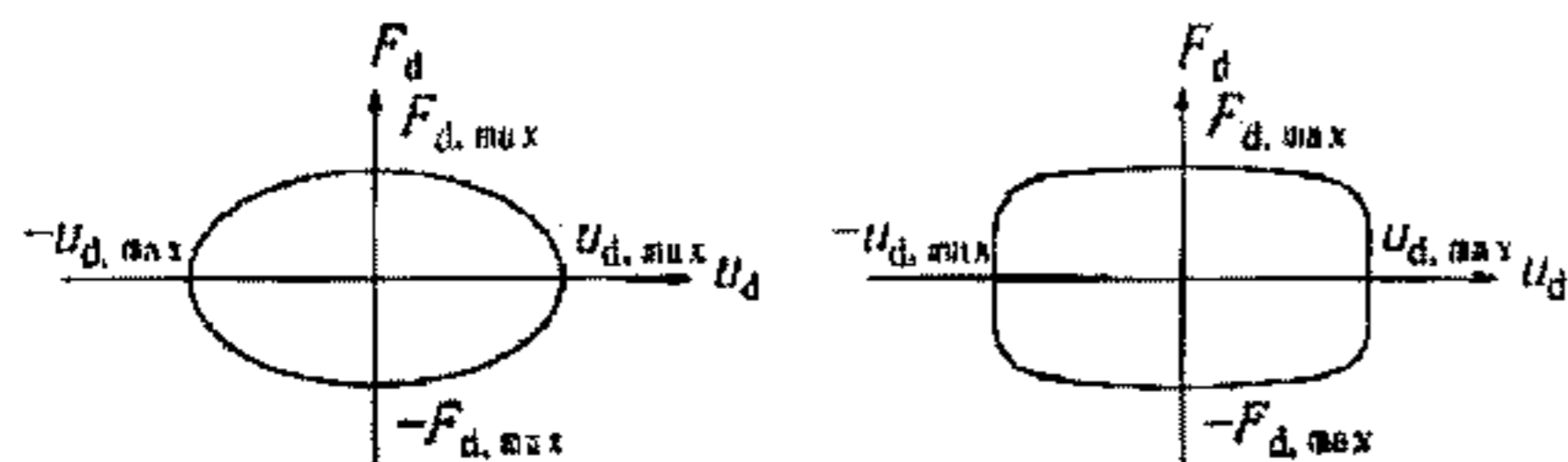
3 杆式黏滞消能器的动力特性

杆式黏滞消能器的力学模型如式(1)所示:

$$F_d = C_d \dot{u}_d^\alpha \quad (1)$$

式中: F_d 为阻尼力(N), C_d 为阻尼系数($\text{N}(\text{s}/\text{mm})^{-\alpha}$), u_d 为消能器两端的相对位移(mm), \dot{u}_d 为消能器两端的相对速度(mm/s), α 为速度指数($0.1 \leq \alpha \leq 1$), 当 $\alpha=1$ 时, 称之为线性黏滞消能器; 当 $\alpha < 1$ 时, 称之为非线性黏滞消能器。

典型的杆式黏滞消能器的滞回曲线如图2所示:



(a) $\alpha=1.0$ 时的滞回曲线

(b) $\alpha=0.4$ 时的滞回曲线

图2 杆式黏滞消能器的滞回曲线

4 杆式黏滞消能器的适用范围及性能

4.1 由于黏滞消能器为速度相关型, 在很小的位移条件下即可耗能, 故既适用于结构抗风也适用于结构抗震。

4.2 当用于结构抗风时, 可选用线性黏滞消能器或速度指数较大的非线性黏滞消能器; 当用于结构抗震时, 为了避免在大震作用下消能器的阻尼力过大, 可采用速度指数较小(如 $\alpha < 0.4$)的非线性黏滞消能器。

4.3 速度相关性: 当消能器两端的相对速度较大时, 由于阻尼材料本身的压缩会表现出一定的刚度, 具有一定的速度相关性, 必要时应考虑此刚度的影响。

4.4 温度相关性: 杆式黏滞消能器的温度相关性很小, 其工作环境温度范围可达到 $-40 \sim 70^\circ\text{C}$, 可用于室内外各种环境。

4.5 时间相关性(徐变): 由于杆式黏滞消能器不承受长期荷载, 且可自由适应轴向变形, 故不考虑徐变等时间相关性。

4.6 耐久性: 由于杆式黏滞消能器内的阻尼材料不易老化, 在循环力作用下特性不发生变化, 故其具有很好的耐久性, 在使用期间可不考虑老化、疲劳和耐候性的问题。

4.7 耐火性: 试验表明, 在火灾条件下, 杆式黏滞消能器不存在着火或爆炸的危险, 由于防火涂料不利于消能器在耗能状态下散热, 故宜采用在消能部件外侧设置防火板等措施进行防火处理, 火灾后必须进行检查维护, 必要时进行更换。

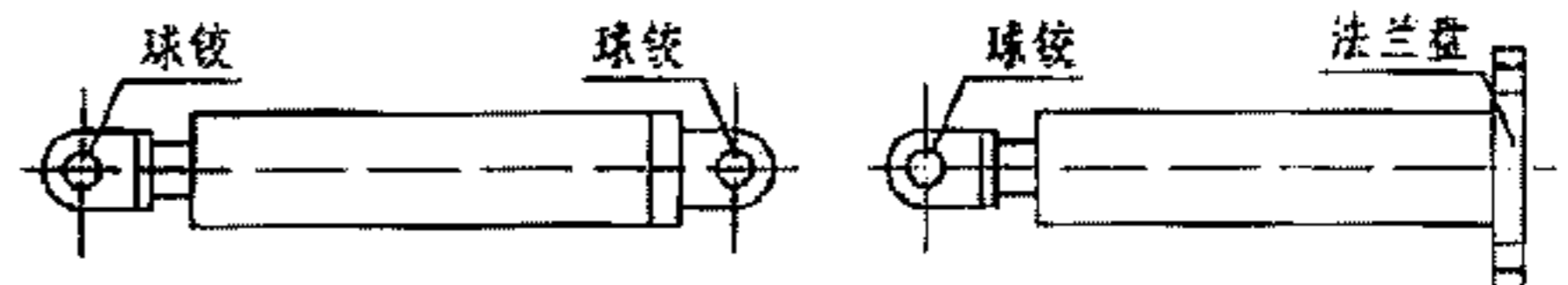
5 杆式黏滞消能器的性能检测

为达到预期的减震(振)效果, 杆式黏滞消能器在安装前应严格按照产品行业标准《建筑消能阻尼器》JG/T 209-2007和相应的国家规范进行检测。

6 杆式黏滞消能器的主要产品形式及连接方式

根据两端的连接条件, 黏滞消能器在出厂时可以做两端球铰连接或一端球铰连接一端法兰连接两种形式, 如图3所示。

杆式黏滞消能器对密封性要求较高, 将消能器端部做成球铰连接可以适应连接误差和平面外变形, 保证消能器主要承受轴力, 避免过大的剪力和弯矩对密封性的不利影响, 对



(a) 两端球铰连接

(b) 一端球铰连接一端法兰连接

图3 杆式黏滞消能器连接方式

黏滞消能器的产品类型及其主要支撑形式					图集号	09SG610-2
审核	吴耀辉	冼雄峰	校对	吕坚	设计	韩玉株
					页	8

于一端球铰连接一端法兰连接的消能器，与法兰连接的支撑的另一端也应做成球铰连接。

7 杆式黏滞消能器的常用支撑形式及特点

对于杆式黏滞消能器，常用的支撑形式主要有斜杆型支撑、人字型支撑和门架型支撑三种类型。

7.1 斜杆型支撑

根据斜撑的数量和消能器的位置，斜杆型支撑可分为单斜杆上侧型、单斜杆下侧型、双斜杆上侧型和双斜杆下侧型，如图4所示。

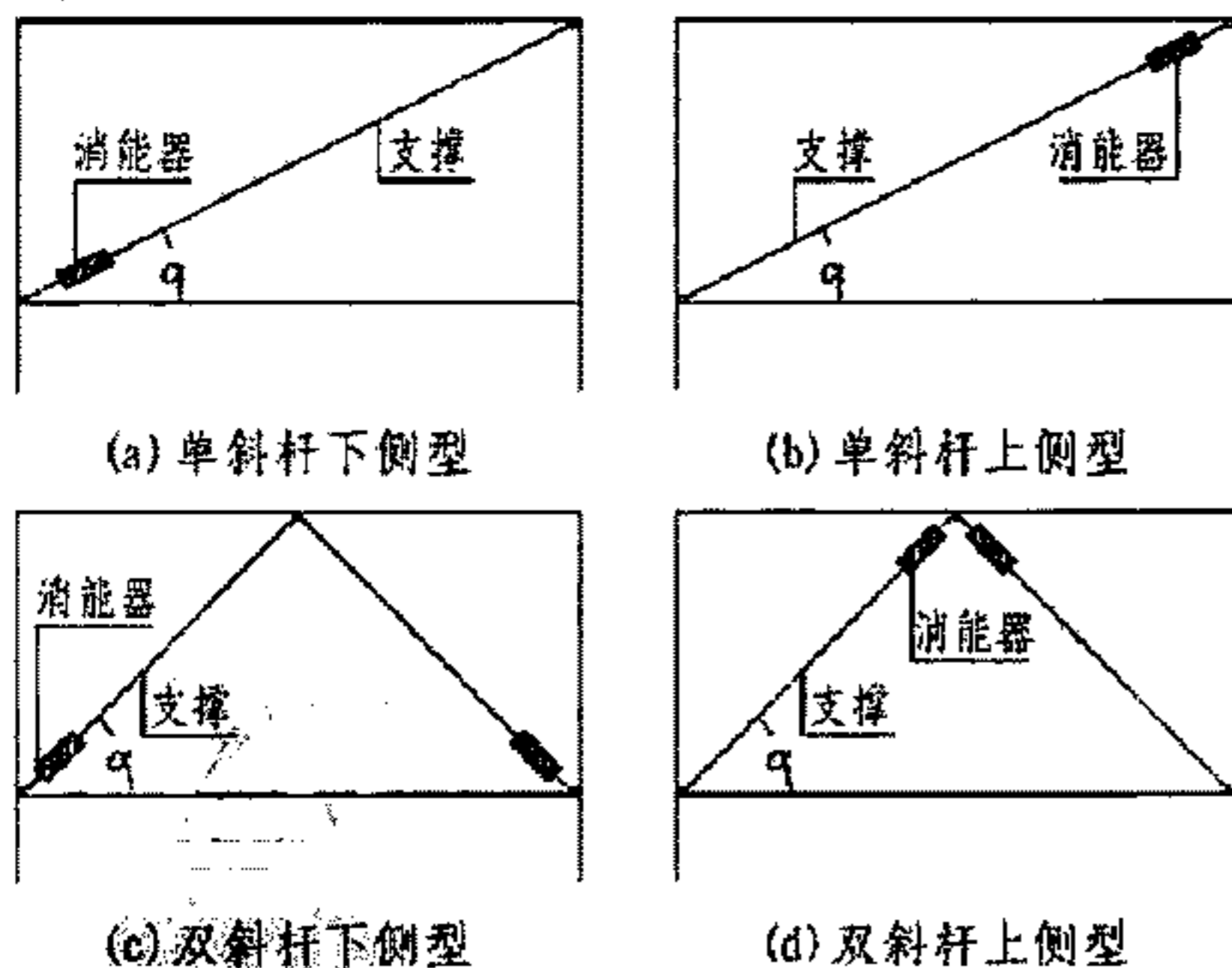


图4 斜杆型支撑

(适用于一端铰接一端法兰连接的消能器)

7.1.1 斜杆型支撑的特点:

- (1) 构造简单，施工方便。
- (2) 当结构的层间位移为 Δ 时，消能器两端的相对位移为

$\Delta \cos \alpha$ ，故其耗能效率较低。

7.1.2 注意事项:

(1) 由于消能器的耗能效率随 α 角度增大而降低，故其倾角不宜过大，一般为 $25^\circ \sim 45^\circ$ 。

(2) 由于消能器和斜撑通过法兰连接，消能器会承受其本身及斜撑的自重引起的剪力和弯矩，为减小此剪力和弯矩对消能器长期性能的不利影响，斜撑的长度不宜过大。

(3) 斜撑的计算长度取值应遵循如下原则：计算斜撑的轴向刚度时，计算长度应取其净长，计算平面内、外稳定时，计算长度应取斜撑与消能器的长度总和。

7.2 人字型支撑

两斜向支撑与水平支撑的轴线交于一点时，称之为入字型支撑。根据消能器的安装位置和数量，入字型支撑可分为正入字单侧型、正入字双侧型、倒入字单侧型和倒入字双侧型四种类型，如图5所示。图中仅给出消能器与梁连接的示意。根据具体情况消能器也可与柱或梁柱节点连接。

7.2.1 入字型支撑的特点:

- (1) 支撑杆件较多，连接构造较斜杆型支撑复杂。
- (2) 支撑杆件基本为轴向受力，支撑的侧向刚度较大。
- (3) 消能器两端的相对位移基本为结构的层间位移，与斜杆型支撑相比其耗能效率较高。

(4) 消能器两端与支撑和主体结构采用球铰连接，消能器仅承受本身自重引起的剪力和弯矩，此剪力和弯矩相对较小，因此消能器基本为轴向受力构件。

7.2.2 注意事项:

黏滞消能器的产品类型及其主要支撑形式

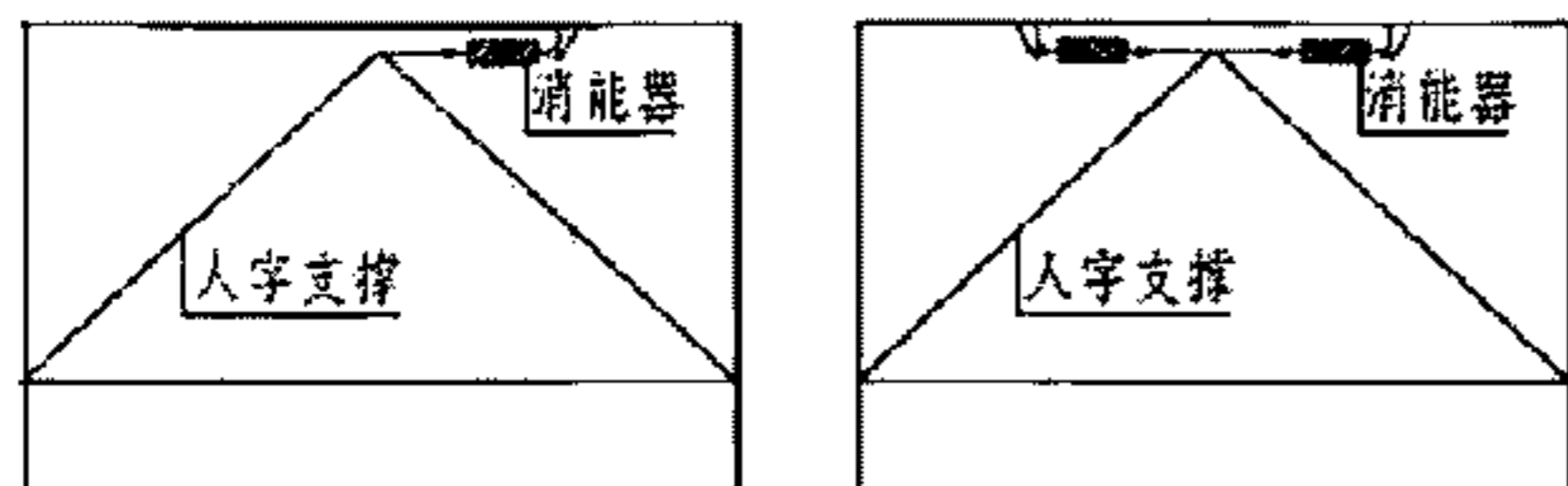
图集号

09SG610-2

审核 吴耀辉 梁雄峰 校对 吕坚 吕望 设计 韩玉栋 韩玉栋

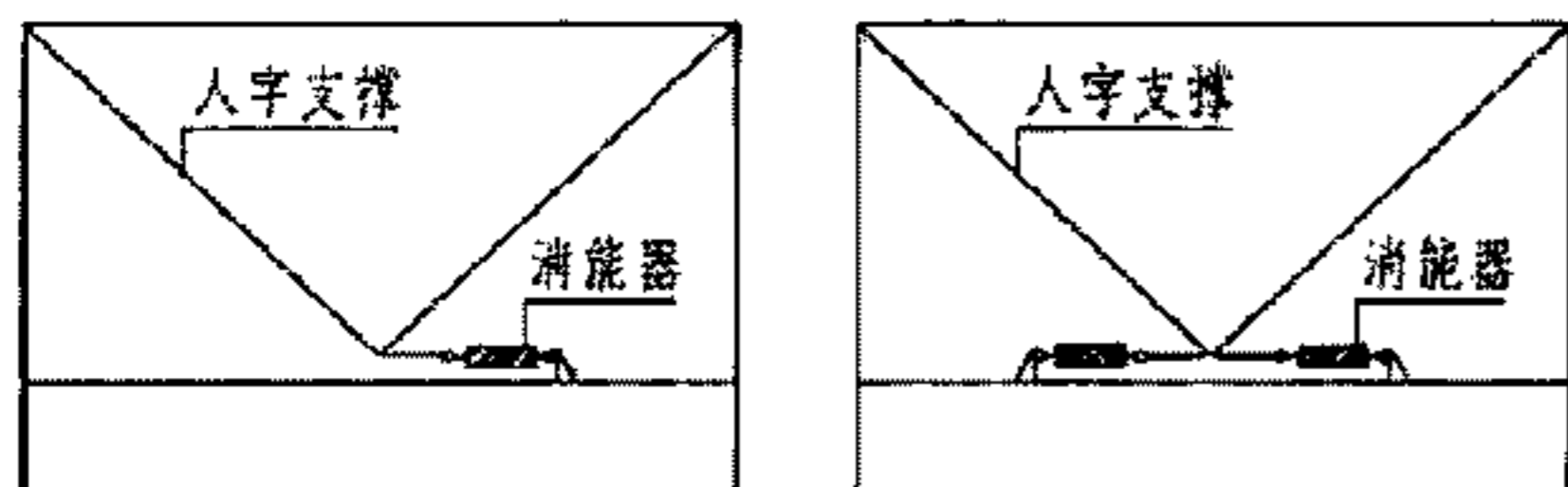
页

9



(a) 正人字单侧型

(b) 正人字双侧型



(c) 倒人字单侧型

(d) 倒人字双侧型

图5 人字型支撑

(适用于两端球铰连接的消能器)

(1) 应在支撑顶部设置侧向限位装置以防止其平面外失稳。

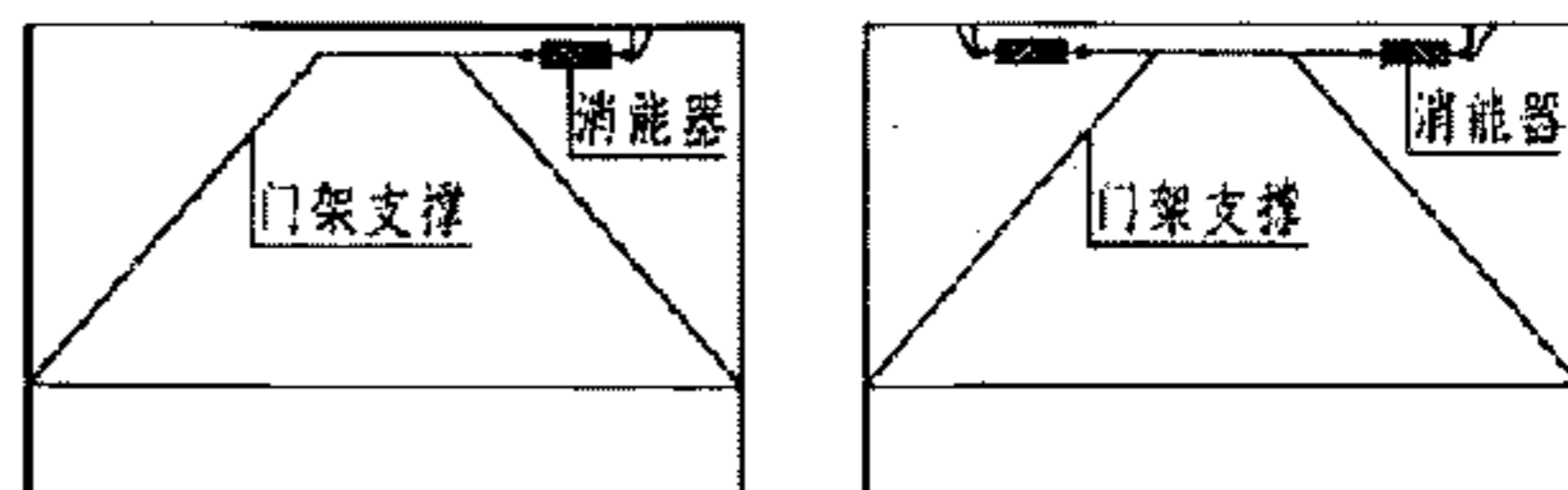
(2) 支撑的水平悬臂段长度不宜过大。

(3) 与单侧型相比,在相同的耗能能力条件下,双侧型中单个消能器的阻尼系数、最大输出力及连接节点的受力皆可大幅减小。当采用单侧型支撑时,若消能器的最大输出力及连接节点的受力过大,可考虑改用双侧型支撑。

7.3 门架型支撑

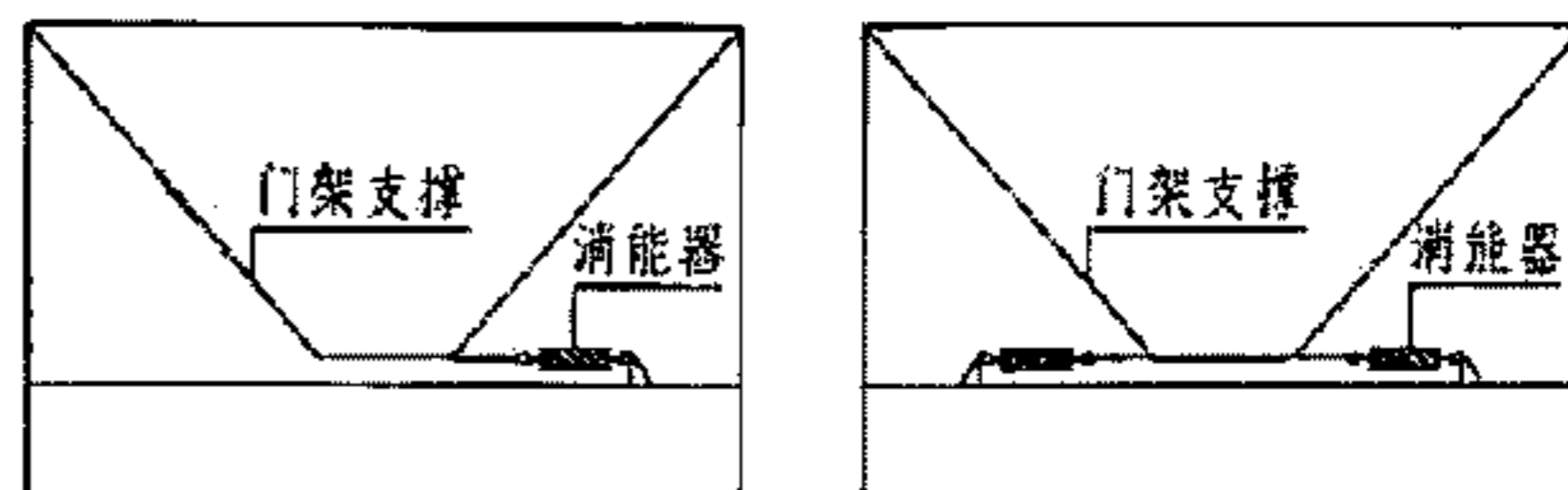
两斜向支撑与水平支撑的轴线不交于一点时,称之为门架型支撑。根据消能器的安装位置和数量,门架型支撑可分为正门架单侧型、正门架双侧型、倒门架单侧型和倒门架双侧型四种类型,如图6所示。图中仅给出消能器与梁连接的示意,根据具体情况消能器也可与柱或梁柱节点连接。

7.3.1 门架型支撑的特点:



(a) 正门架单侧型

(b) 正门架双侧型



(c) 倒门架单侧型

(d) 倒门架双侧型

图6 门架型支撑

(适用于两端球铰连接的消能器)

(1) 布置较灵活,可用于跨度较大或建筑有特殊要求(如开门洞)的情况。

(2) 支撑杆件较多,连接构造较斜杆型支撑复杂。

(3) 与人字型支撑相比,由于支撑杆件不汇交于一点,在消能器水平力作用下,支撑中的弯矩会增大其水平变形,相应减小了消能器两端的相对位移,在一定程度上降低了消能器的耗能效率。

(4) 消能器两端与支撑和主体结构采用球铰连接,消能器仅承受本身自重引起的剪力和弯矩,此剪力和弯矩相对较小,因此消能器基本为轴向受力构件。

7.3.2 注意事项: 同人字型支撑。

黏滞消能器的产品类型及其主要支撑形式			图集号	09SG610-2
审核	吴耀辉	陈峰	校对	吕坚
设计	韩玉栋	陈子松	页	10